

環境中核種に対する公衆の線量評価用データの整備

佐藤大樹：原子力基礎工学研究センター 放射線挙動解析研究グループ

概要

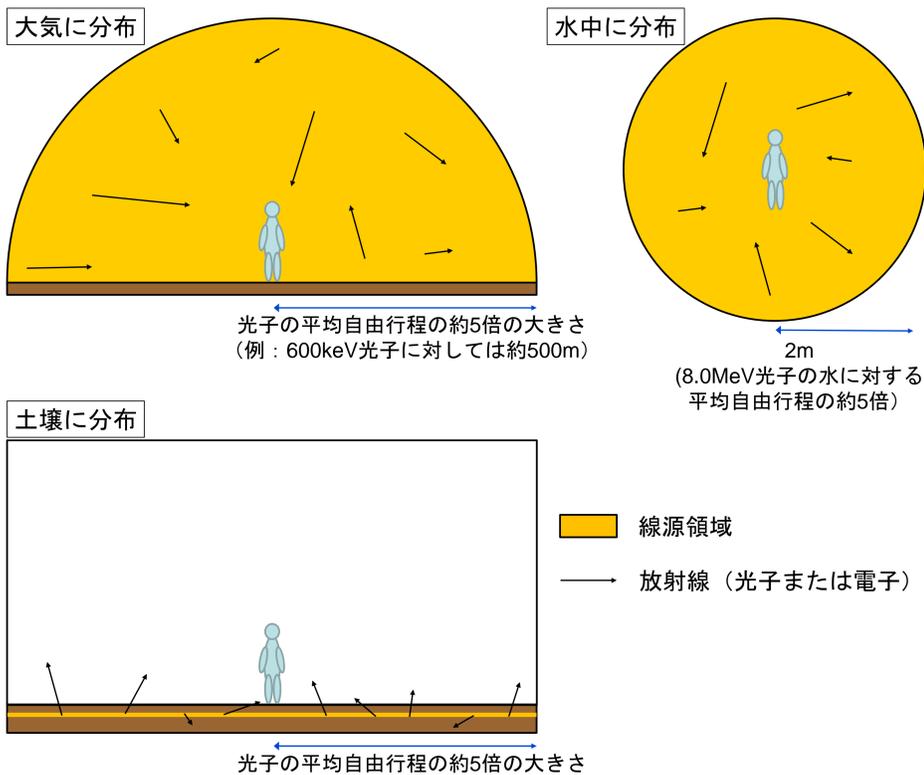
環境（大気、水、土壌）中に分布した放射性核種の放射能濃度から外部被ばく実効線量への換算係数を、幼児から成人までの公衆を代表する複数の年齢に対してICRPの最新の線量定義に基づき整備した。整備した換算係数を利用することで、放射性核種の存在する環境における公衆の被ばく線量を迅速に評価できる。特に、土壌への放射性セシウムの沈着が観られる福島第一原子力発電所周辺地域における中長期的な線量予測に本研究の成果は応用できる。

目的

放射性核種の分布した環境において、着目した核種の放射能濃度の測定データから、迅速かつ正確に実効線量を推定する。そのために利用する線量換算係数を、公衆を構成する新生児、1歳、5歳、10歳、15歳、成人男女に対して整備する。

計算方法

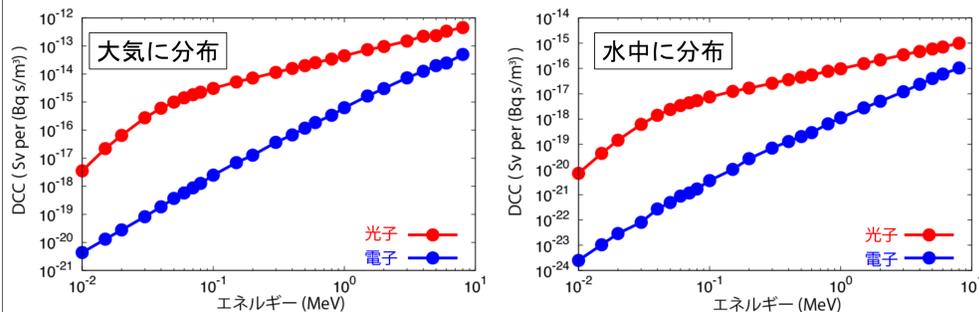
- ① 環境（大気、水、土壌）を模擬した半無限の計算体系を汎用放射線輸送計算コードPHITS (Particle and Heavy Ion Transport Code System)において構築し、その中心に人体数値模型（フロリダ大学小児ファントム及びICRP標準成人ファントム）を配置する（下図参照）。
- ② 大気、水、土壌に単色エネルギーの光子及び電子を放出する線源を一様に分布し、環境中の放射線輸送計算及び人体数値模型の各臓器における沈着エネルギー（臓器吸収線量）計算をPHITSにより実施する。
- ③ 臓器吸収線量からICRPの定義に従い実効線量を導出する。これにより、環境中に分布した単色エネルギー光子及び電子線源に対する放射能濃度から実効線量へ得られる。
- ④ ICRPの放射性核種崩壊データを基に、放射性核種ごとの放射能濃度から実効線量への換算係数を算出する。



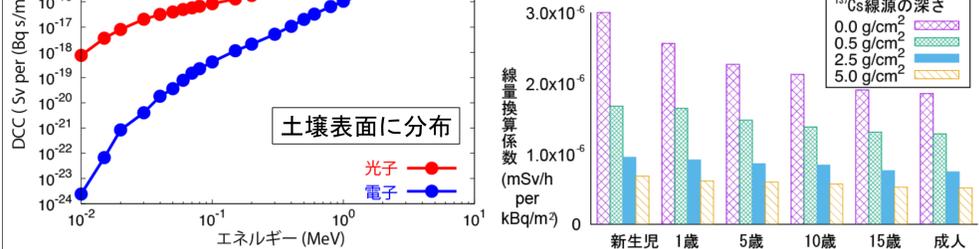
期待される効果

- 本研究の成果を用いることで、放射性核種が分布した環境において、ICRPの最新の線量定義に基づく実効線量の導出を迅速に実行することが可能になる。このことは、放射線緊急事態時の原子力施設やその周辺での被ばく線量評価に大いに役立つ。
- 本研究で整備した線量換算係数を応用することで、特定の環境に滞在し続けた場合の積算の実効線量を、未成年者の成長も考慮して見積もることができる。このことは、福島第一原子力発電所近傍の除染後の土地への帰還に伴う中長期的な公衆の被ばく線量評価に有益である。

●環境に分布した単色エネルギー光子及び電子を放出する線源に対する放射能濃度から成人の実効線量への換算係数 (DCC)



●土壌に分布した¹³⁷Csに対する年齢別のDCC



●土壌に一様平板分布した¹³⁴Cs及び¹³⁷Csの放射能濃度から年齢別の実効線量率及び周辺線量当量率H*(10)へのDCC (mSv/h per kBq/m²)

放射性核種	年齢	土壌における一様平板線源の深さ (g/cm²)					
		0.0	0.5	2.5	5.0	10.0	50.0
¹³⁴ Cs	新生児	7.67E-06	4.52E-06	2.62E-06	1.76E-06	1.14E-06	5.56E-08
	1歳	6.91E-06	4.38E-06	2.47E-06	1.67E-06	1.00E-06	4.72E-08
	5歳	6.30E-06	4.03E-06	2.36E-06	1.62E-06	9.28E-07	4.00E-08
	10歳	5.62E-06	3.77E-06	2.26E-06	1.55E-06	8.89E-07	3.85E-08
	15歳	5.12E-06	3.56E-06	2.01E-06	1.39E-06	7.98E-07	3.59E-08
	成人	5.02E-06	3.48E-06	1.99E-06	1.38E-06	7.86E-07	3.57E-08
H*(10)		8.25E-06	5.81E-06	3.60E-06	2.53E-06	1.60E-06	8.41E-08
¹³⁷ Cs	新生児	3.10E-06	1.67E-06	9.48E-07	6.82E-07	4.09E-07	1.85E-08
	1歳	2.56E-06	1.64E-06	9.12E-07	6.13E-07	3.60E-07	1.58E-08
	5歳	2.27E-06	1.48E-06	8.60E-07	5.99E-07	3.56E-07	1.47E-08
	10歳	2.12E-06	1.38E-06	8.39E-07	5.71E-07	3.33E-07	1.40E-08
	15歳	1.90E-06	1.31E-06	7.61E-07	5.25E-07	3.05E-07	1.29E-08
	成人	1.85E-06	1.28E-06	7.43E-07	5.15E-07	2.99E-07	1.26E-08
H*(10)		3.12E-06	2.16E-06	1.35E-06	9.58E-07	5.95E-07	2.83E-08

●土壌に指数分布した¹³⁴Cs及び¹³⁷Csの放射能濃度から年齢別の実効線量率及び周辺線量当量率H*(10)へのDCC (mSv/h per kBq/m²)

放射性核種	年齢	土壌における指数分布線源の単位面積当たりの減衰質量β (g/cm²)			
		0.0	0.5	2.5	5.0
¹³⁴ Cs	新生児	7.67E-06	5.53E-06	4.59E-06	2.54E-06
	1歳	6.91E-06	5.15E-06	4.30E-06	2.39E-06
	5歳	6.30E-06	4.73E-06	3.98E-06	2.24E-06
	10歳	5.62E-06	4.33E-06	3.68E-06	2.11E-06
	15歳	5.12E-06	3.99E-06	3.39E-06	1.92E-06
	成人	5.02E-06	3.91E-06	3.32E-06	1.89E-06
H*(10)		8.25E-06	6.52E-06	5.62E-06	3.35E-06
¹³⁷ Cs	新生児	3.10E-06	2.15E-06	1.75E-06	8.44E-07
	1歳	2.56E-06	1.92E-06	1.60E-06	7.86E-07
	5歳	2.27E-06	1.72E-06	1.45E-06	7.26E-07
	10歳	2.12E-06	1.61E-06	1.36E-06	6.92E-07
	15歳	1.90E-06	1.48E-06	1.26E-06	6.36E-07
	成人	1.85E-06	1.44E-06	1.23E-06	6.22E-07
H*(10)		3.12E-06	2.45E-06	2.11E-06	1.26E-06

これまでの実績と今後の計画

- 福島第一原子力発電所事故の中長期的な線量評価において最も重要となる土壌に分布した¹³⁴Csと¹³⁷Cs (^{137m}Baの寄与を含む)について、複数の土壌深さにおいて線量換算係数を計算し、そのデータを論文にまとめ公開した（参考文献1）。
- 年齢別の線量換算係数のデータは、内閣府からの依頼で放射線医学総合研究所と原子力機構が共同でまとめた報告書（「東京電力(株)福島第一原子力発電所事故に係る個人線量率の特性に関する調査」の追加調査—児童に対する個人線量率の推定手法等に関する検討—）において引用された。
- 大気、水、土壌に分布した核種について整備した線量換算係数のデータは、ICRPに提供する。
- 本研究で開発した計算手法を応用して、環境中での個人線量当量の解析を実施する。

参考文献

1. D. Satoh, T. Furuta, F. Takahashi, A. Endo, C. Lee and W.E. Bolch, "Age-dependent dose conversion coefficients for external exposure to radioactive cesium in soil", Journal of Nuclear Science and Technology, doi: 10.1080/00223131.2015.1021286, 2015.